

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-61466
(P2001-61466A)

(43)公開日 平成13年3月13日(2001.3.13)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コード(参考)
C 1 2 N 1/12		C 1 2 N 1/12	C
C 1 2 P 23/00		C 1 2 P 23/00	
// (C 1 2 P 23/00			
C 1 2 R 1:89)			

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21)出願番号	特願2000-232483(P2000-232483)	(71)出願人	000112048
(62)分割の表示	特願平3-231965の分割		ヒガシマル醤油株式会社
(22)出願日	平成3年9月11日(1991.9.11)		兵庫県龍野市龍野町富永100番地の3
		(72)発明者	古林 万木夫
			兵庫県龍野市掛西町田井164
		(72)発明者	石川 浩
			兵庫県龍野市龍野町小宅北1-18
		(72)発明者	柿園 俊英
			広島県東広島市西条町下三永354-151
		(72)発明者	永井 史郎
			広島県広島市西区己斐本町3丁目1-6-1101
		(74)代理人	100078282
			弁理士 山本 秀策

(54)【発明の名称】 アスタキサンチンの製造方法

(57)【要約】

【課題】 緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスの培養方法を改善することによってアスタキサンチン含有量を早期に増加させ、効率よくアスタキサンチンを製造する方法、特にヘマトコッカス・ブルビアリスを暗所で培養することを含むアスタキサンチンの製造方法を提供すること。

【解決手段】 ヘマトコッカス・ブルビアリスの培養物に活性酸素生成物質を添加して明所で培養することを特徴とするアスタキサンチン含有藻体の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ヘマトコッカス・ブルビアリスの培養物に活性酸素生成物質を添加して明所下で培養することを特徴とするアスタキサンチン含有藻体の製造方法。

【請求項2】 ヘマトコッカス・ブルビアリスの培養物に活性酸素生成物質と炭素源を添加して、明所下で培養することを特徴とするアスタキサンチン含有藻体の製造方法。

【請求項3】 前記活性酸素生成物質が鉄イオンである、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】 請求項1から3までのいずれかに記載の方法によって得られたアスタキサンチン含有藻体から、アスタキサンチンを採取することを特徴とするアスタキサンチンの製造方法。

【請求項5】 前記アスタキサンチンの採取が、前記アスタキサンチン含有ヘマトコッカス・ブルビアリスをプロテアーゼ処理することを特徴とする、請求項4に記載のアスタキサンチンの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスから大量に効率よくアスタキサンチンを得る、アスタキサンチンの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】アスタキサンチンは、甲殻類の殻や卵、サケの肉、キンメダイの表皮など、動物界にきわめて広く分布している赤色カロチノイドの一種である。ファフィア・ロドチーマのようなアスタキサンチンを含む赤色酵母の菌体を養殖マスの発色飼料として、近年では、養殖マダイの発色飼料として、南極オキアミなどに代替させる用途が検討されている。また、アスタキサンチンのもつ強力な抗酸化作用により、医薬活性成分としての用途も検討されている。

【0003】緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスもアスタキサンチンを含有するが、効率よくアスタキサンチン含有量を増加させるための詳細な培養条件および細胞から効率よくアスタキサンチンを得る方法についてはよく知られていない。一般に緑藻類は、光合成によりエネルギーを得るため明所で培養しなければ増殖せず、さらにアスタキサンチン合成もしないと考えられてきた。ヘマトコッカス・ブルビアリスも従来、炭酸ガスあるいは酢酸を炭素源として明所下で培養されている。培養時に光が必要であることから、大量生産が困難であるという欠点があった。そのため、光効率を高めるために光バイオリアクターを用いた培養法も検討されている。また、緑藻ドナリエラやラン藻スピルリナなどの培養では、太陽光を利用して屋外池や海洋で実施されているが、緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスの場合、生育最適温度が低いため、高温となる屋外での培養ができないという欠点を有している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスの培養方法を改善することによってアスタキサンチン含有量を早期に増加させ、効率よくアスタキサンチンを製造する方法、特にヘマトコッカス・ブルビアリスを暗所で培養することを含むアスタキサンチンの製造方法を提供することを目標としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスによるアスタキサンチンの生産方法について検討を重ねた結果、ヘマトコッカス・ブルビアリスを暗所でかつ好氣的条件下で培養することが可能であり、このとき細胞分裂を伴う栄養増殖細胞中に増殖連動でアスタキサンチンが蓄積されることを見いだした。さらに、この暗所で培養した培養基に活性酸素生成物質と炭素源を添加して明所に移すことによりシスト化が誘発されアスタキサンチン合成が促進されること、その場合、シスト化誘発の前に上記のように暗所で培養していても、明所で培養していたのと同等のアスタキサンチン合成が得られることも見いだした。これらの知見に基づいて本発明を成すに至った。

【0006】本発明は、ヘマトコッカス・ブルビアリスを暗所でかつ好氣的条件下で培養することにより、アスタキサンチンを含有するヘマトコッカス・ブルビアリスを生育させた後、活性酸素生成物質と炭素源を培養基に添加して明所下で培養し該ヘマトコッカス・ブルビアリスのシスト化を誘発してアスタキサンチン合成を促進させ、該培養物からアスタキサンチンを採取する工程を包含する、アスタキサンチンの製造方法を提供する。

【0007】本発明はさらに、ヘマトコッカス・ブルビアリスをプロテアーゼ処理し、かつ細胞壁に浸透圧ショックを加える工程を包含する、アスタキサンチンの製造方法を提供する。

【発明の実施の形態】

【0008】本発明に用いる緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスは、単細胞で細胞の大きさは20～25μmであり、淡水に生息するプランクトンであって、容易に採取することができる。例えばHaematococcus pluvialis ASIB BS2, CALU 9, CALU 333, CAUP G1002, CCA0, IBAS U 38, IPPAS H-23, MJR 01, 02, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 75, 76, 77, NIES 144, NIVA CHL 9, SMBAがある。Haematococcus lacustrisの中にはヘマトコッカス・ブルビアリスと同一のものもあり、このような同一のものとしてATCC 30402, SAG 34-1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1h, 1k, 1l, 1m, 1n, UTEX 16がある。本発明に好適に用いられるヘマトコッカス・ブルビアリスは国立環境研(NIES)に寄託番号NIES 144として寄託されている。

【0009】緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスの栄養細胞(Vegetative cell)は、通常、2本の鞭毛をもつ

浮遊細胞として存在し、緑藻クラミドモナスと同様に親細胞の壁内で分裂して増殖する。栄養細胞の周りには、ゼラチン状の細胞壁をもつ。栄養細胞は、窒素源が欠乏した培養基に移すことによりゼラチン質の内側に厚い強固な細胞壁を発達させ、やがて細胞は遊泳を停止して、無性的あるいは有性的に、硬い細胞壁を有しアスタキサンチンを大量に含有するシスト (cyst, 別名: aplanospore, akinete) を形成する。

【0010】ヘマトコッカス・ブルビアリスの暗所でかつ好氣的条件下での培養は、以下の条件下で行う。緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスは、自然界においては、炭酸ガスと光エネルギーで生育する光合成生物であるため、暗所でかつ好氣的条件下で培養させるためには、炭酸ガスに代替し得る炭素源を従属栄養として十分な量含む培地を用いる必要がある。炭素源としては、例えば、従来から知られている酢酸のほか、ビルビン酸、エタノール、およびTCA関連有機酸等がある。TCA関連有機酸としては、例えばクエン酸、 α ケトグルタル酸、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸等がある。上記の各々の炭素源と、アスパラギン、グリシン、グルタミン等のアミノ酸のような窒素源とを含む群の中から選ばれた1種または2種以上に、更に酵母エキスを組み合わせた培地が用いられる。酵母エキ스는必須であるが、グリシン、グルタミン等のアミノ酸を用いた場合は、酵母エキスを省いても、酵母エキスを加えたときと同程度のヘマトコッカス・ブルビアリスの生育が見られる。好ましい培地は、例えば酵母エキス2.0g/l、酢酸ナトリウム1.2g/l、L-アスパラギン0.4g/l、 $MgCl_2 \cdot 7H_2O$ 985 μM 、 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 36 μM 、 $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 136 μM 、pH6.8である。培養条件としては、暗所でかつ好氣的条件下、温度は15~25℃であり、好ましくは20℃前後である。

【0011】このようにして培養したヘマトコッカス・ブルビアリスは、暗所であるにもかかわらず、細胞分裂を伴う栄養細胞内に、増殖期の早い時期からアスタキサンチンの蓄積が見られる。細胞当りのアスタキサンチン含有量は、同一条件下での明所での培養と変わらない。

【0012】この栄養細胞中のアスタキサンチンを採取することも可能であるが、人為的に培養基中の成分組成を適当に調節することにより、栄養細胞からシストへの形態変化を誘導して、アスタキサンチン生産機能を最大限に引き出すのが有利である。それには、活性酸素生成物質と炭素源を、培養途中で比較的高濃度に添加して、形態変化を誘導する。活性酸素生成物質と炭素源を添加したら、暗所から明所に移行して培養を行う。用いられる活性酸素生成物質には、例えば、鉄イオンを生じ得る物質、メチレンブルー、メチルビオロゲン、過酸化水素 (H_2O_2)、2, 2'-アゾビス (2-アミジノプロパン) ジヒドロクロリドがある。特に鉄イオンを生じ得る

化合物が好ましい。形成される鉄イオンは、二価または三価であり、このような鉄イオンを形成し得る化合物としては、例えば $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 、 $FeSO_4 (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ 、 $FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ が挙げられる。活性酸素生成物質の添加量は、その物質の種類により異なるが、例えば培養基中の鉄イオンの濃度は、シスト化誘導前の培養基に用いられる量の数倍以上、最大600 μM まで、好ましくは450 μM となるように添加される。上記のように、鉄イオンは活性酸素を生成するためにアスタキサンチン合成を促進すると考えられる。様々な酸化的ストレスから細胞を防御するために、ヘマトコッカス・ブルビアリスの細胞内において強力な抗酸化作用を有するアスタキサンチンを合成すると考えられる。

【0013】使用される炭素源としては、上記のものが何れも用いられ、好ましくは酢酸を使用する。酢酸濃度が最大60 mMまで、好ましくは45 mMとなるように培養基に添加する。上記を越える濃度での使用は、逆にアスタキサンチン生産を抑制し好ましくない。炭素源のみでもシスト化が誘導され、アスタキサンチン生産が増大するが、鉄イオンを炭素源と同時に添加するとアスタキサンチン生産はさらに増大する。

【0014】上記2段階の培養方法は、アスタキサンチン合成の期間を速く短くして、初期から作らせることができる。増殖期に暗所でよいので、増殖による光の当り具合の変化を考慮する事なく、通常の発酵槽で大量に培養することが可能になるので培養が容易である。

【0015】収穫された緑藻ヘマトコッカス・ブルビアリスは、浸透圧調節剤のない反応液中でプロテアーゼ処理することにより、細胞を完全に破壊することができる。従来高等植物や多くの藻類の細胞プロトプラスト調製のために用いられている細胞壁分解酵素には、大別すると、セルロース成分を分解する酵素類 (セルラーゼ、ヘミセルラーゼ) と、ペクチン質 (ペクチナーゼ) を分解するものがある。ヘマトコッカスの細胞壁についても、上記2つの成分を合わせ持つ細胞壁溶解酵素 (ドリラーゼ) を用いた報告があるが、十分に破碎された藻体破碎物が得られない。ヘマトコッカスの細胞壁は、構成成分としてセルロース、ヘミセルロース、ペクチン、リグニンを欠き、糖タンパク質のみからなる点で、高等植物や他の藻類と大きく異なる。このため、糖タンパク質の糖ではなくタンパク質に注目してプロテアーゼを細胞壁の破壊に使用することにより、効果的に細胞壁を溶解することができる。ヘマトコッカス・ブルビアリスに、浸透圧調節剤存在下でプロテアーゼを作用させるとプロトプラスト細胞を得、浸透圧調節剤の無い反応液中でプロテアーゼ処理することにより浸透圧ショックを加えると、細胞は完全に破壊される。プロテアーゼは、由来の異なる各種プロテアーゼ、プロナーゼE、プロティナーゼKが使用可能であり、反応条件はpH中性付近で、室

温(20-40℃)、好ましくは35℃前後、酵素濃度は0.1%で、30分から2時間反応させる。

【0016】ヘマトコッカス・ブルビアリス細胞の破碎には、他のガラスビーズを加えグライディングにより破碎する方法あるいはフレンチプレスを用いる方法、さらには超音波破碎法などの既知の物理的方法を適用し、メタノールあるいはアセトンなどの極性の大きい溶媒で抽出することにより回収することができる。また、細胞をバルクのままあるいは破碎処理した細胞を魚の色揚げ等に使用することもできる。アスタキサンチンの精製は、既知の分離精製手段を適宜利用することによって所望の純度のアスタキサンチンを得ることができる。

【0017】上記プロテアーゼを用いる細胞の破壊方法は、ヘマトコッカス・ブルビアリスからのアスタキサンチンの採取に使用されるのみならず、糖タンパク質を細胞壁成分として含有する様々な微細藻類の細胞の細胞壁の破壊にも好適に利用され得る。

【0018】

【実施例】次に酢酸を炭素源とした実施例によって本発明をさらに詳細に説明する。

【0019】(実施例1)表1に示す培養基100mlを200ml容のフラスコに入れ、121℃で、15分間滅菌した。維持用の培養基に別に培養したヘマトコッカス・ブルビアリス(Haematococcus pluvialis NIES 144)のシードを接種し、暗所下および明所下、たとえば1500ルクスの光照度下、12時間明暗周期で20℃で4日間培養し、予備培養を行った。

【0020】この培養液10mlずつを上と同組成の培養基100mlに接種し、それぞれ暗所下または明所下で、20℃で8日間培養した。

【0021】本培養時における暗所下または明所下での、ヘマトコッカス・ブルビアリスの栄養細胞の増殖および生産されるカロチノイドの量の変化を図1に示す。カロチノイド量は480nmでの吸光度から測定した後、抽出し、その約90%がアスタキサンチンであることを確認した。

【0022】ヘマトコッカス・ブルビアリスは暗所下で、酢酸を炭素源として確実に増殖した。また、表1に示す培養基から、酵母エキスを除くとヘマトコッカス・ブルビアリスの生育は悪くなるが、グリシン、グルタミン等のアミノ酸を加えることにより生育は同程度まで回復し、酵母エキスの代替をし得ることができた。炭素源としては、45mMまでが至適範囲である。暗所下で得られたヘマトコッカス・ブルビアリスは細胞当たり明所下の場合と同程度、色素であるクロロフィルおよびカロチノイドを含有していた。色素は増殖と共に細胞内に蓄積され、含有量はクロロフィル10~20mg/g乾燥重量、カロチノイド10mg/g乾燥重量であった。

【0023】

【表1】

酵母エキス	2.0g/l
酢酸ナトリウム	1.2g/l
L-アスパラギン	0.4g/l
MgCl ₂ ・7H ₂ O	984μM
FeSO ₄ ・7H ₂ O	36μM
CaCl ₂ ・2H ₂ O	136μM
pH	6.8

【0024】(実施例2)実施例1と同様にして、4日間培養後、炭素源として酢酸濃度が45mM、鉄イオン濃度(FeSO₄・7H₂O)が450μMとなるように添加し、9000ルクスの24時間連続光照射下、20℃で更に4日間培養した。鉄イオンは三価を用いてもよい。アスタキサンチン量は実施例1と同様にして測定した。ヘマトコッカス・ブルビアリスの栄養細胞は、炭素源である酢酸と鉄イオンを添加後、シストの形成を開始し、細胞内にアスタキサンチンを大量に蓄積した(図2)。同時に、生成していたクロロフィルの急激な分解も起こっている。

【0025】このように、暗所下または明所下で4日間培養したヘマトコッカス・ブルビアリスの栄養細胞に、炭素源として酢酸と鉄イオンを添加することにより、アスタキサンチンを大量に細胞内に蓄積させることができた。8日間の培養で、20mg/lを超える高濃度のカロチノイド(そのうちアスタキサンチン含有量は約90%)を得ることができた。

【0026】(実施例3)増殖期のヘマトコッカス・ブルビアリスの栄養細胞に浸透圧調整剤(ソルビトール/マンニトール)を含む反応液中で、下記のようにプロテアーゼ処理をすると、約1時間でプロトプラスト細胞が50%得られた。浸透圧調整剤のない反応液中でプロテアーゼ処理すると、細胞は完全に破壊した。使用したプロテアーゼは、プロナーゼE(0.15%)およびプロテイナーゼK(0.1%)；反応液は、ソルビトール/マンニトール0.2M、トリエタノールアミン緩衝液10mM、pH7.5；反応条件は35℃で1時間であった。

【0027】

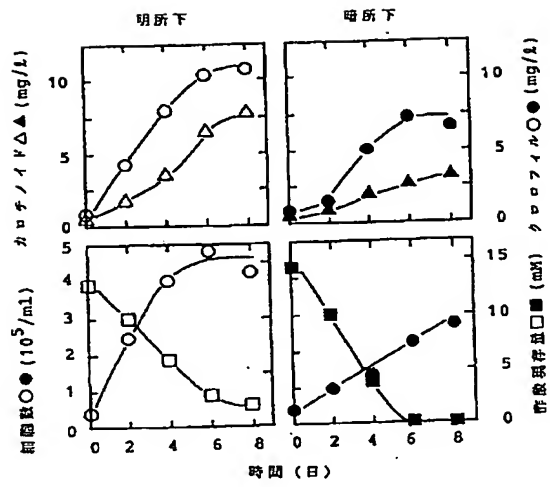
【発明の効果】本発明によれば、藻体中にアスタキサンチンが早期から蓄積し、さらに人工的なシスト誘導により効率よくアスタキサンチンを合成させることができる。アスタキサンチンを大量に効率よく製造する製造方法が提供される。得られるアスタキサンチンは安全性が高いので、魚類養殖その他の産業に寄与し得る。

【図面の簡単な説明】

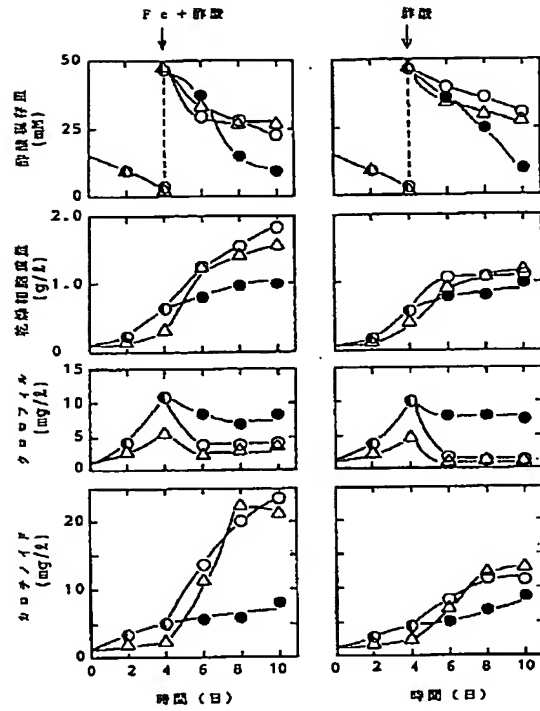
【図1】ヘマトコッカス・ブルビアリス栄養細胞の増殖とカロチノイドの生成を示す。

【図2】ヘマトコッカス・ブルビアリスの増殖とカロチノイド生成に対する鉄イオンおよび酢酸添加の効果を示す。

【図1】



【図2】



○: 明所 (1800 lx, 12時間) - 暗所 (9000 lx, 24時間)
 ●: 明所 (同上) - 暗所
 △: 暗所 - 明所 (9000 lx, 24時間)